

Dated: _____

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Confirmation No.:

Art Unit: N/A

Examiner: Not Yet Assigned

Dear Sir:

Country	Application No.	Date
Japan	2001-299435	September 28, 2001

Dated: March 29, 2004

Respectfully submitted,

By

MARIE GILFILLAN

Joseph R. Robinson

Registration No.: 33,448

DARBY & DARBY P.C.

P.O. Box 5257

New York, New York 10150-5257

(212) 527-7700

(212) 753-6237 (Fax)

Attorneys/Agents For Applicants



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 1 年 9 月 2 8 日
Date of Application:

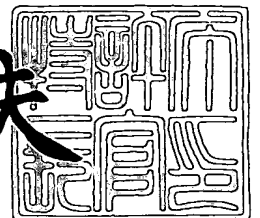
出 願 番 号 特 願 2 0 0 1 - 2 9 9 4 3 5
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 1 - 2 9 9 4 3 5]

出 願 人 住 友 精 密 工 業 株 式 有 限 公 司
Applicant(s):

2 0 0 4 年 2 月 1 8 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 1 0 7 1 4

【書類名】 特許願

【整理番号】 MPO-I-0041

【提出日】 平成13年 9月28日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/302

【発明者】

 【住所又は居所】 兵庫県尼崎市扶桑町 1 番 1 0 号 住友精密工業株式会社
内

 【氏名】 笠井 一夫

【発明者】

 【住所又は居所】 兵庫県尼崎市扶桑町 1 番 1 0 号 住友精密工業株式会社
内

 【氏名】 野沢 善幸

【発明者】

 【住所又は居所】 兵庫県尼崎市扶桑町 1 番 1 0 号 住友精密工業株式会社
内

 【氏名】 河野 広明

【特許出願人】

 【識別番号】 000183369

 【氏名又は名称】 住友精密工業株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100104662

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 村上 智司

 【電話番号】 (06)6261-9944

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 058654

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9703306

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 シリコン基板のエッチング方法およびエッチング装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 シリコン基板表面にエッチングマスクを形成するマスク形成工程と、高周波電力によりプラズマ化したエッチングガスを用いて前記エッチングマスクの開口部から前記シリコン基板表面をドライエッチングして所定の構造面を形成するエッチング工程とを順次実施することによりシリコン基板をエッチングする方法であって、

前記エッチング工程を、

エッチングガスおよび保護膜形成ガスを用い、主としてエッチンググランドにおける前記ドライエッチングを進行させる工程と、

保護膜形成ガスを用い、前記ドライエッチングにより形成された構造面に保護膜を形成する工程と、

前記エッチンググランドに形成された前記保護膜を除去する工程とを順次繰り返すことにより行うことを特徴とするシリコン基板のエッチング方法。

【請求項 2】 前記ドライエッチングを進行させる工程においては少量の保護膜形成ガスを供給し、前記保護膜を形成する工程においては多量の保護膜形成ガスを供給することを特徴とする請求項 1 記載のシリコン基板のエッチング方法。

。

【請求項 3】 前記主としてドライエッチングを進行させる工程及び前記保護膜除去工程、または前記保護膜除去工程において、シリコン基板に電力を印加してバイアス電位を与えることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のシリコン基板のエッチング方法。

【請求項 4】 シリコン基板表面にエッチングマスクを形成するマスク形成工程と、高周波電力によりプラズマ化したエッチングガスを用いて前記エッチングマスクの開口部から前記シリコン基板表面をドライエッチングして所定の構造面を形成するエッチング工程とを順次実施することによりシリコン基板をエッチングする方法であって、

前記エッチング工程を、

エッチングガスおよび保護膜形成ガスを用い、主としてエッチンググランドにおける前記ドライエッチングを進行させる工程と、

同じくエッチングガスおよび保護膜形成ガスを用い、主としてエッチンググランドに対して垂直な前記構造面に保護膜を形成させる工程とを順次繰り返すことにより行うことを特徴とするシリコン基板のエッチング方法。

【請求項 5】 前記ドライエッチングを進行させる工程においては多量のエッチングガスおよび少量の保護膜形成ガスを供給し、前記保護膜を形成する工程においては少量のエッチングガスおよび多量の保護膜形成ガスを供給することを特徴とする請求項 4 記載のシリコン基板のエッチング方法。

【請求項 6】 前記エッチング工程において、常時シリコン基板に電力を印加してバイアス電位を与えることを特徴とする請求項 4 又は 5 記載のシリコン基板のエッチング方法。

【請求項 7】 シリコン基板表面にエッチングマスクを形成するマスク形成工程と、高周波電力によりプラズマ化したエッチングガスを用いて前記エッチングマスクの開口部から前記シリコン基板表面をドライエッチングして所定の構造面を形成するエッチング工程とを順次実施することによりシリコン基板をエッチングする方法であって、

前記エッチング工程を、

該エッチング工程中、常時シリコン基板に電力を印加してバイアス電位を与えるとともに、

エッチングガスおよび保護膜形成ガスを用い、主としてエッチンググランドにおける前記ドライエッチングを進行させる工程と、

保護膜形成ガスを用い、主としてエッチンググランドに対して垂直な前記構造面に保護膜を形成させる工程とを順次繰り返すことにより行うことを特徴とするシリコン基板のエッチング方法。

【請求項 8】 前記ドライエッチングを進行させる工程においては少量の保護膜形成ガスを供給し、前記保護膜を形成する工程においては多量の保護膜形成ガスを供給することを特徴とする請求項 7 記載のシリコン基板のエッチング方法。

。

【請求項 9】 前記シリコン基板に印加する電力を、前記ドライエッチングを進行させる工程においては大きくし、前記保護膜を形成させる工程においては小さくすることを特徴とする請求項 6 乃至 8 記載のいずれかのシリコン基板のエッチング方法。

【請求項 10】 前記エッチングガスに反応性ガスを用いることを特徴とする請求項 1 至 9 記載のいずれかのシリコン基板のエッチング方法。

【請求項 11】 前記エッチング工程において、プラズマ化したエッチングガス及び保護膜形成ガスを用いるとともに、プラズマを発生させる際に用いる高周波電力を、前記主としてドライエッチングを進行させる工程においては高くし、前記主として保護膜を形成させる工程においては低くすることを特徴とする請求項 10 記載のシリコン基板のエッチング方法。

【請求項 12】 被エッチング物たるシリコン基板を収納するエッチングチャンバと、

前記エッチングチャンバ内の下部位置に配設され、前記シリコン基板が載置される基台と、

前記エッチングチャンバ内にエッチングガスを供給するエッチングガス供給手段と、

前記エッチングチャンバ内に保護膜形成ガスを供給する保護膜形成ガス供給手段と、

前記エッチングチャンバ内を減圧する減圧手段と、

前記エッチングチャンバの外周にこれと対向するように配設されたコイルを備え、該コイルに高周波電力を印加して、前記エッチングチャンバ内に供給されたエッチングガスおよび保護膜形成ガスをプラズマ化するプラズマ生成手段と、

前記基台に高周波電力を印加する基台電力印加手段と、

前記エッチングガス供給手段および前記保護膜形成ガス供給手段により前記エッチングチャンバ内に供給されるエッチングガスおよび保護膜形成ガスの流量を制御するガス流量制御手段と、

前記プラズマ生成手段のコイルに印加される電力を制御するコイル電力制御手段と、

前記基台電力印加手段により基台に印加される電力を制御する基台電力制御手段とを備えて構成され、

前記ガス流量制御手段が、前記保護膜形成ガスを連続的に前記エッチングチャンバ内に供給し、且つ前記エッチングガスを断続的に前記エッチングチャンバ内に供給するように構成されてなることを特徴とするシリコン基板のエッチング装置。

【請求項13】 前記ガス流量制御手段が、前記エッチングガスの非供給時には多量の前記保護膜形成ガスを前記エッチングチャンバ内に供給し、且つ前記エッチングガスの供給時には少量の前記保護膜形成ガスを前記エッチングチャンバ内に供給するものである請求項12記載のシリコン基板のエッチング装置。

【請求項14】 被エッチング物たるシリコン基板を収納するエッチングチャンバと、

前記エッチングチャンバ内の下部位置に配設され、前記シリコン基板が載置される基台と、

前記エッチングチャンバ内にエッチングガスを供給するエッチングガス供給手段と、

前記エッチングチャンバ内に保護膜形成ガスを供給する保護膜形成ガス供給手段と、

前記エッチングチャンバ内を減圧する減圧手段と、

前記エッチングチャンバの外周にこれと対向するように配設されたコイルを備え、該コイルに高周波電力を印加して、前記エッチングチャンバ内に供給されたエッチングガスおよび保護膜形成ガスをプラズマ化するプラズマ生成手段と、

前記基台に高周波電力を印加する基台電力印加手段と、

前記エッチングガス供給手段および前記保護膜形成ガス供給手段により前記エッチングチャンバ内に供給されるエッチングガスおよび保護膜形成ガスの流量を制御するガス流量制御手段と、

前記プラズマ生成手段のコイルに印加される電力を制御するコイル電力制御手段と、

前記基台電力印加手段により基台に印加される電力を制御する基台電力制御手

段とを備えて構成され、

前記ガス流量制御手段が、前記エッチングガスおよび保護膜形成ガスを連続的且つその供給量を周期的に変化させて前記エッチングチャンバ内に供給するとともに、両者の位相が逆となるように前記供給量を制御するように構成されてなることを特徴とするシリコン基板のエッチング装置。

【請求項15】 被エッチング物たるシリコン基板を収納するエッチングチャンバと、

前記エッチングチャンバ内の下部位置に配設され、前記シリコン基板が載置される基台と、

前記エッチングチャンバ内にエッチングガスを供給するエッチングガス供給手段と、

前記エッチングチャンバ内に保護膜形成ガスを供給する保護膜形成ガス供給手段と、

前記エッチングチャンバ内を減圧する減圧手段と、

前記エッチングチャンバの外周にこれと対向するように配設されたコイルを備え、該コイルに高周波電力を印加して、前記エッチングチャンバ内に供給されたエッチングガスおよび保護膜形成ガスをプラズマ化するプラズマ生成手段と、

前記基台に高周波電力を印加する基台電力印加手段と、

前記エッチングガス供給手段および前記保護膜形成ガス供給手段により前記エッチングチャンバ内に供給されるエッチングガスおよび保護膜形成ガスの流量を制御するガス流量制御手段と、

前記プラズマ生成手段のコイルに印加される電力を制御するコイル電力制御手段と、

前記基台電力印加手段により基台に印加される電力を制御する基台電力制御手段とを備えて構成され、

前記基台電力制御手段が、前記基台に印加される電力を周期的に変化させるように構成されてなることを特徴とするシリコン基板のエッチング装置。

【請求項16】 前記基台電力制御手段が、前記基台に印加される電力を周期的に変化させるとともに、前記エッチングガスの非供給時には低い電力を前記

基台に印加し、且つ前記エッチングガスの供給時には高い電力を前記基台に印加するように制御するものである請求項12又は13記載のシリコン基板のエッチング装置。

【請求項17】 前記コイル電力制御手段が、前記コイルに印加される電力を周期的に変化させるものである請求項15記載のシリコン基板のエッチング装置。

【請求項18】 被エッチング物たるシリコン基板を収納するエッチングチャンバと、

前記エッチングチャンバ内の下部位置に配設され、前記シリコン基板が載置される基台と、

前記エッチングチャンバ内にエッチングガスを供給するエッチングガス供給手段と、

前記エッチングチャンバ内に保護膜形成ガスを供給する保護膜形成ガス供給手段と、

前記エッチングチャンバ内を減圧する減圧手段と、

前記エッチングチャンバの外周にこれと対向するように配設されたコイルを備え、該コイルに高周波電力を印加して、前記エッチングチャンバ内に供給されたエッチングガスおよび保護膜形成ガスをプラズマ化するプラズマ生成手段と、

前記基台に高周波電力を印加する基台電力印加手段と、

前記エッチングガス供給手段および前記保護膜形成ガス供給手段により前記エッチングチャンバ内に供給されるエッチングガスおよび保護膜形成ガスの流量を制御するガス流量制御手段と、

前記プラズマ生成手段のコイルに印加される電力を制御するコイル電力制御手段と、

前記基台電力印加手段により基台に印加される電力を制御する基台電力制御手段とを備えて構成され、

前記コイル電力制御手段が、前記コイルに印加される電力を周期的に変化させるように構成されてなることを特徴とするシリコン基板のエッチング装置。

【請求項19】 前記コイル電力制御手段が、前記コイルに印加される電力

を周期的に変化させるとともに、前記エッチングガスの非供給時には低い電力を前記コイルに印加し、且つ前記エッチングガスの供給時には高い電力を前記コイルに印加するように制御するものである請求項12又は13又は16記載のシリコン基板のエッチング装置。

【請求項20】 前記基台電力制御手段が、前記基台に印加される電力を周期的に変化させるとともに、前記エッチングガスの少量供給時には低い電力を前記基台に印加し、且つ前記エッチングガスの多量供給時には高い電力を前記基台に印加するように制御するものである請求項14記載のシリコン基板のエッチング装置。

【請求項21】 前記コイル電力制御手段が、前記コイルに印加される電力を周期的に変化させるとともに、前記エッチングガスの少量供給時には低い電力を前記コイルに印加し、且つ前記エッチングガスの多量供給時には高い電力を前記コイルに印加するように制御するものである請求項14又は20記載のシリコン基板のエッチング装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ドライエッチングプロセスによって、シリコン基板に、例えば、溝などの構造面を形成するシリコン基板のエッチング方法及びエッチング装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

ドライエッチングプロセスによってシリコン基板上に溝などの構造を形成する、例えば半導体集積回路の分野では、益々高集積化、高密度化が進められており、高精度にトレンチ（深溝若しくは深穴）を形成することのできるエッチング技術が求められている。そして、このようなトレンチエッチングを目的としたエッチング法として、従来、特表平7-503815号公報に開示されるようなエッチング法が知られている。

【0003】

このエッチング法は、シリコン基板表面に所望形状のエッチングマスクを形成した後、プラズマ化した SF_6 と Ar の混合ガスを用い基板表面をドライエッチングして溝若しくは穴を形成するエッチング工程と、同じくプラズマ化した CHF_3 と Ar の混合ガスを用い、前記溝若しくは穴（以下、溝等という）の側壁に保護膜を形成する重合工程（保護膜形成工程）とを交互に繰り返すことによって、深溝若しくは深穴（以下、深溝等という）を形成するというものである。

【0004】

このエッチング法によれば、ドライエッチングによって順次形成された溝等の壁面がその後保護膜によって被覆され、以降のドライエッチングの際にこの保護膜により前記壁面が保護されるため、極端なサイドエッチングやアンダーカットが防止され、見かけ上垂直な壁面を備えた溝等を形成することができる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、上述した従来のエッチング法には、以下に説明するような問題が存在した。

【0006】

上記従来のエッチング法は、前記壁面に対する保護膜の形成を伴わないエッチング工程と、壁面に保護膜を形成する工程とを順次交番的に繰り返すというものであり、エッチング工程においてシリコン基板表面がエッチングされ、エッチング加工が進行して新たに形成される壁面は、保護膜が形成されていない状態となっている。このため、当該エッチング工程では、エッチンググランド（溝等の底面）とともにこの壁面がエッチングされ、この結果、例えば、図4に示すように、溝100の壁面101が垂直方向に波打ったものとなり、加工精度の悪いものとなるのである。そして、壁面101に形成されたこのような凹凸が原因となり、半導体集積回路の分野における高集積化、高密度化が阻害されていた。

【0007】

また、上述の深溝100を用いて図5に示すようなトレンチ・キャパシタ102を形成する場合には、壁面101の凹凸によって絶縁層103の膜厚に厚い部分と薄い部分とを生じるため、膜厚の薄い部分で亀裂を生じ易く、このために絶

縁性が低下するという問題があった。尚、図中、Sはシリコン基板であり、104はポリシリコンからなる電極である。

【0008】

また、上述したドライエッチングプロセスはマイクロマシンの製造にも用いられるが、例えば、歯車を形成する場合、上記従来のエッチング法によると、その歯面に大きな凹凸が形成されるため、これが摩擦抵抗となって動力の伝達損失を生じるという問題もある。

【0009】

本発明は以上の実情に鑑みなされたものであって、ドライエッチングプロセスにより形成される構造面の凹凸を一定値以下に押え得るシリコン基板のエッチング方法及びエッチング装置の提供を目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段及びその効果】

上記目的を達成するための本発明の請求項1に係る発明は、シリコン基板表面にエッチングマスクを形成するマスク形成工程と、高周波電力によりプラズマ化したエッチングガスを用いて前記エッチングマスクの開口部から前記シリコン基板表面をドライエッチングして所定の構造面を形成するエッチング工程とを順次実施することによりシリコン基板をエッチングする方法であって、

前記エッチング工程を、エッチングガスおよび保護膜形成ガスを用い、主としてエッチンググラウンドにおける前記ドライエッチングを進行させる工程と、保護膜形成ガスを用い、前記ドライエッチングにより形成された構造面に保護膜を形成する工程と、前記エッチンググラウンドに形成された前記保護膜を除去する工程とを順次繰り返すことにより行うことを特徴とするものである。

【0011】

この発明によれば、上記主としてエッチンググラウンドにおける前記ドライエッチングを進行させる工程では、エッチンググラウンドがエッチングガスによってエッチングされるとともに、エッチングによって順次形成される、エッチンググラウンドと垂直な構造面が保護膜形成ガスからもたらされる保護膜によって直ちに被覆され、引き続いて実行される保護膜を形成する工程において、前記垂直な構造

面が保護膜によって更に強固に被覆される。

【0012】

このように、この発明によれば、エッチングによって順次形成される前記垂直な構造面を保護膜によって直ちに被覆するとともに、引き続いて実行される工程において、これを更に強固に被覆するようにしているので、上述したサイドエッチングやアンダーカットを確実に防止することができ、これにより、前記垂直な構造面の凹凸を200nm以下にすることができる。

【0013】

尚、エッチングガスとしてはSF₆等を挙げることができ、保護膜形成ガスとしてはC₄F₈等のフロロカーボンガス(C_xF_y)を挙げることができる。

【0014】

そして、この発明において、請求項2に係る発明のように、前記ドライエッチングを進行させる工程においては少量の保護膜形成ガスを供給し、前記保護膜を形成する工程においては多量の保護膜形成ガスを供給するようにすれば、ドライエッチングの進行する工程のエッチング速度を速めることができ、一方保護膜を形成する工程においてはより強固な保護膜を形成することができる。

【0015】

また、上記請求項1又は請求項2の発明において、請求項3に係る発明のように、前記主としてドライエッチングを進行させる工程及び前記保護膜除去工程、または前記保護膜除去工程において、シリコン基板に電力を印加してバイアス電位を与えるようにすれば、エッチンググランドをイオン照射により物理的にエッチングすることができるので、前記ドライエッチングを進行させる工程においてはエッチング速度が速まる一方、前記保護膜を除去する工程においてはエッチンググランドに形成された保護膜を容易に除去することができ、その結果、全体のエッチング加工時間を短くすることができる。また、保護膜除去工程から主としてドライエッチングを進行させる工程に、これを区切ることなくスムーズに移行させることができるので、これらの工程をあたかも1つ工程のように実施することができる。

【0016】

また、本発明の請求項4に係る発明は、シリコン基板表面にエッチングマスクを形成するマスク形成工程と、高周波電力によりプラズマ化したエッチングガスを用いて前記エッチングマスクの開口部から前記シリコン基板表面をドライエッチングして所定の構造面を形成するエッチング工程とを順次実施することによりシリコン基板をエッチングする方法であって、

前記エッチング工程を、エッチングガスおよび保護膜形成ガスを用い、主としてエッチンググランドにおける前記ドライエッチングを進行させる工程と、同じくエッチングガスおよび保護膜形成ガスを用い、主としてエッチンググランドに対して垂直な前記構造面に保護膜を形成させる工程とを順次繰り返すことにより行うことを特徴とするものである。

【0017】

この発明によっても同様に、上記主としてエッチンググランドにおける前記ドライエッチングを進行させる工程で、エッチンググランドがエッチングガスによってエッチングされるとともに、エッチングによって順次形成される、エッチンググランドと垂直な構造面が保護膜形成ガスからもたらされる保護膜によって直ちに被覆され、引き続いて実行される保護膜を形成する工程において、前記垂直な構造面が保護膜によって更に強固に被覆される。これにより、サイドエッチングやアンダーカットを確実に防止することができ、前記垂直な構造面の凹凸を200nm以下にすることができる。

【0018】

そして、この請求項4の発明において、請求項5に係る発明のように、前記ドライエッチングを進行させる工程においては多量のエッチングガスおよび少量の保護膜形成ガスを供給し、前記保護膜を形成する工程においては少量のエッチングガスおよび多量の保護膜形成ガスを供給するようにすれば、ドライエッチングの進行する工程におけるエッチング速度を速めることができる一方、保護膜を形成する工程においてより強固な保護膜を形成することができる。

【0019】

また、請求項6に係る発明のように、上記請求項4又は5の発明における前記エッチング工程において、常時シリコン基板に電力を印加してバイアス電位を与

えるようにすれば、エッチンググランドをイオン照射により物理的にエッチングすることができるので、前記ドライエッチングを進行させる工程においてはエッチング速度が速まる一方、前記保護膜を形成する工程においてはエッチンググランドに保護膜が形成されるのを防止することができ、その結果、全体のエッチング加工時間を短くすることができる。

【0020】

また、本発明の請求項7に係る発明は、シリコン基板表面にエッチングマスクを形成するマスク形成工程と、高周波電力によりプラズマ化したエッチングガスを用いて前記エッチングマスクの開口部から前記シリコン基板表面をドライエッチングして所定の構造面を形成するエッチング工程とを順次実施することによりシリコン基板をエッチングする方法であって、

前記エッチング工程を、該エッチング工程中、常時シリコン基板に電力を印加してバイアス電位を与えるとともに、エッチングガスおよび保護膜形成ガスを用い、主としてエッチンググランドにおける前記ドライエッチングを進行させる工程と、保護膜形成ガスを用い、主としてエッチンググランドに対して垂直な前記構造面に保護膜を形成させる工程とを順次繰り返すことにより行うことを特徴とするものである。

【0021】

この発明によれば、上記主としてエッチンググランドにおける前記ドライエッチングを進行させる工程で、エッチンググランドがエッチングガス及びイオン照射によってエッチングされるとともに、エッチングによって順次形成される、エッチンググランドと垂直な構造面が保護膜形成ガスからもたらされる保護膜によって直ちに被覆され、引き続いて実行される保護膜を形成する工程において、前記垂直な構造面が保護膜によって更に強固に被覆される。これにより、サイドエッチングやアンダーカットを確実に防止することができ、前記垂直な構造面の凹凸を200nm以下にすることができる。

【0022】

そして、この請求項7の発明において、請求項8に係る発明のように、前記ドライエッチングを進行させる工程においては少量の保護膜形成ガスを供給し、前

記保護膜を形成する工程においては多量の保護膜形成ガスを供給するようにすれば、ドライエッチングの進行する工程のエッチング速度を速めることができ、一方保護膜を形成する工程においてはより強固な保護膜を形成することができる。

【0023】

また、請求項9に係る発明は、請求項6乃至8記載のいずれかの発明において、前記シリコン基板に印加する電力を、前記ドライエッチングを進行させる工程においては大きくし、前記保護膜を形成させる工程においては小さくすることを特徴とするものである。このようにすれば、ドライエッチングを進行させる工程におけるイオンの照射速度を高めることができ、エッチング速度を速めることができる一方、保護膜を形成させる工程において、前記垂直な構造面形成された保護膜が照射イオンによって剥離されるのを極僅かなものとすることができ、これにより、強固な保護膜を形成することができる。

【0024】

また、請求項10に係る発明のように、上記請求項1乃至9記載のいずれかの発明における前記エッチングガスに反応性ガスを用いると、より良好なエッチング速度でシリコン基板をエッチングすることができる。尚、反応性のエッチングガスとしては、SF₆等を挙げることができる。

【0025】

また、請求項11に係る発明は、上記請求項10の発明における前記エッチング工程において、プラズマ化したエッチングガス及び保護膜形成ガスを用いるとともに、前記プラズマを発生させる際に用いる高周波電力を、前記ドライエッチングを進行させる工程においては高くし、前記保護膜を形成させる工程においては低くすることを特徴とするものである。これにより、前記ドライエッチングを進行させる工程におけるエッチング速度を高めることができる。

【0026】

尚、上記請求項1乃至11の各方法発明におけるエッチング工程は、主としてドライエッチングが進行する工程から開始して各工程を繰り返すようにしても良く、或いは保護膜形成工程から開始して各工程を繰り返すようにしても良いが、保護膜形成工程から開始する方が凹凸をより小さなものとする点で

好ましい。

【0027】

そして、以上の請求項1乃至請求項11に係る方法発明は、以下の請求項12乃至21に係る装置発明によりこれを好適に実施することができる。

【0028】

即ち、本発明の請求項12に係る発明は、被エッチング物たるシリコン基板を収納するエッチングチャンバと、前記エッチングチャンバ内の下部位置に配設され、前記シリコン基板が載置される基台と、前記エッチングチャンバ内にエッチングガスを供給するエッチングガス供給手段と、前記エッチングチャンバ内に保護膜形成ガスを供給する保護膜形成ガス供給手段と、前記エッチングチャンバ内を減圧する減圧手段と、前記エッチングチャンバの外周にこれと対向するように配設されたコイルを備え、該コイルに高周波電力を印加して、前記エッチングチャンバ内に供給されたエッチングガスおよび保護膜形成ガスをプラズマ化するプラズマ生成手段と、前記基台に高周波電力を印加する基台電力印加手段と、前記エッチングガス供給手段および前記保護膜形成ガス供給手段により前記エッチングチャンバ内に供給されるエッチングガスおよび保護膜形成ガスの流量を制御するガス流量制御手段と、前記プラズマ生成手段のコイルに印加される電力を制御するコイル電力制御手段と、前記基台電力印加手段により基台に印加される電力を制御する基台電力制御手段とを備えて構成され、前記ガス流量制御手段が、前記保護膜形成ガスを連続的に前記エッチングチャンバ内に供給し、且つ前記エッチングガスを断続的に前記エッチングチャンバ内に供給するように構成されてなることを特徴とするものである。

【0029】

また、請求項13に係る発明は、請求項12の発明における前記ガス流量制御手段が、前記エッチングガスの非供給時には多量の前記保護膜形成ガスを前記エッチングチャンバ内に供給し、且つ前記エッチングガスの供給時には少量の前記保護膜形成ガスを前記エッチングチャンバ内に供給するものである。

【0030】

また、請求項14に係る発明は、被エッチング物たるシリコン基板を収納する

エッチングチャンバと、前記エッチングチャンバ内の下部位置に配設され、前記シリコン基板が載置される基台と、前記エッチングチャンバ内にエッチングガスを供給するエッチングガス供給手段と、前記エッチングチャンバ内に保護膜形成ガスを供給する保護膜形成ガス供給手段と、前記エッチングチャンバ内を減圧する減圧手段と、前記エッチングチャンバの外周にこれと対向するように配設されたコイルを備え、該コイルに高周波電力を印加して、前記エッチングチャンバ内に供給されたエッチングガスおよび保護膜形成ガスをプラズマ化するプラズマ生成手段と、前記基台に高周波電力を印加する基台電力印加手段と、前記エッチングガス供給手段および前記保護膜形成ガス供給手段により前記エッチングチャンバ内に供給されるエッチングガスおよび保護膜形成ガスの流量を制御するガス流量制御手段と、前記プラズマ生成手段のコイルに印加される電力を制御するコイル電力制御手段と、前記基台電力印加手段により基台に印加される電力を制御する基台電力制御手段とを備えて構成され、前記ガス流量制御手段が、前記エッチングガスおよび保護膜形成ガスを連続的且つその供給量を周期的に変化させて前記エッチングチャンバ内に供給するとともに、両者の位相が逆となるように前記供給量を制御するように構成されてなることを特徴とする。

【0 0 3 1】

また、請求項15に係る発明は、被エッチング物たるシリコン基板を収納するエッチングチャンバと、前記エッチングチャンバ内の下部位置に配設され、前記シリコン基板が載置される基台と、前記エッチングチャンバ内にエッチングガスを供給するエッチングガス供給手段と、前記エッチングチャンバ内に保護膜形成ガスを供給する保護膜形成ガス供給手段と、前記エッチングチャンバ内を減圧する減圧手段と、前記エッチングチャンバの外周にこれと対向するように配設されたコイルを備え、該コイルに高周波電力を印加して、前記エッチングチャンバ内に供給されたエッチングガスおよび保護膜形成ガスをプラズマ化するプラズマ生成手段と、前記基台に高周波電力を印加する基台電力印加手段と、前記エッチングガス供給手段および前記保護膜形成ガス供給手段により前記エッチングチャンバ内に供給されるエッチングガスおよび保護膜形成ガスの流量を制御するガス流量制御手段と、前記プラズマ生成手段のコイルに印加される電力を制御するコイ

ル電力制御手段と、前記基台電力印加手段により基台に印加される電力を制御する基台電力制御手段とを備えて構成され、前記基台電力制御手段が、前記基台に印加される電力を周期的に変化させるように構成されてなることを特徴とする。

【 0 0 3 2 】

また、請求項 1 6 に係る発明は、請求項 1 2 又は 1 3 の発明における前記基台電力制御手段が、前記基台に印加される電力を周期的に変化させるとともに、前記エッチングガスの非供給時には低い電力を前記基台に印加し、且つ前記エッチングガスの供給時には高い電力を前記基台に印加するように制御するものであり、請求項 1 7 に係る発明は、請求項 1 5 の発明における前記コイル電力制御手段が、前記コイルに印加される電力を周期的に変化させるものである。

【 0 0 3 3 】

また、請求項 1 8 に係る発明は、被エッチング物たるシリコン基板を収納するエッチングチャンバと、前記エッチングチャンバ内の下部位置に配設され、前記シリコン基板が載置される基台と、前記エッチングチャンバ内にエッチングガスを供給するエッチングガス供給手段と、前記エッチングチャンバ内に保護膜形成ガスを供給する保護膜形成ガス供給手段と、前記エッチングチャンバ内を減圧する減圧手段と、前記エッチングチャンバの外周にこれと対向するように配設されたコイルを備え、該コイルに高周波電力を印加して、前記エッチングチャンバ内に供給されたエッチングガスおよび保護膜形成ガスをプラズマ化するプラズマ生成手段と、前記基台に高周波電力を印加する基台電力印加手段と、前記エッチングガス供給手段および前記保護膜形成ガス供給手段により前記エッチングチャンバ内に供給されるエッチングガスおよび保護膜形成ガスの流量を制御するガス流量制御手段と、前記プラズマ生成手段のコイルに印加される電力を制御するコイル電力制御手段と、前記基台電力印加手段により基台に印加される電力を制御する基台電力制御手段とを備えて構成され、前記コイル電力制御手段が、前記コイルに印加される電力を周期的に変化させるように構成されてなることを特徴とする。

【 0 0 3 4 】

また、請求項 1 9 に係る発明は、請求項 1 2 又は 1 3 又は 1 6 の発明における

前記コイル電力制御手段が、前記コイルに印加される電力を周期的に変化させるとともに、前記エッチングガスの非供給時には低い電力を前記コイルに印加し、且つ前記エッチングガスの供給時には高い電力を前記コイルに印加するように制御するものである。

【 0 0 3 5 】

また、請求項 2 0 に係る発明は、請求項 1 4 の発明における前記基台電力制御手段が、前記基台に印加される電力を周期的に変化させるとともに、前記エッチングガスの少量供給時には低い電力を前記基台に印加し、且つ前記エッチングガスの多量供給時には高い電力を前記基台に印加するように制御するものであり、請求項 2 1 に係る発明は、請求項 1 4 又は 2 0 の発明における前記コイル電力制御手段が、前記コイルに印加される電力を周期的に変化させるとともに、前記エッチングガスの少量供給時には低い電力を前記コイルに印加し、且つ前記エッチングガスの多量供給時には高い電力を前記コイルに印加するように制御するものである。

【 0 0 3 6 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の具体的な実施形態について添付図面に基づき説明する。

【 0 0 3 7 】

まず、本実施形態に係るエッチング装置の構成について図 1 に基づき説明する。尚、図 1 は本実施形態に係るエッチング装置の概略構成を一部ブロック図で示す断面図である。

【 0 0 3 8 】

図 1 に示すように、このエッチング装置 1 は、セラミックからなり、内部にエッチング室 2 a が形成された筐体状のエッチングチャンバ 2 と、前記エッチング室 2 a 内の下部領域に配設され、被エッチング物たるシリコン基板 S を載置する基台 3 と、エッチング室 2 a 内にエッチングガス及び保護膜形成ガスを供給するガス供給部 7 と、エッチング室 2 a 内を減圧する減圧部 1 3 と、エッチング室 2 a 内に供給されたエッチングガス及び保護膜形成ガスをプラズマ化するプラズマ生成部 1 5 と、前記基台に高周波電力を印加する高周波電源 1 8 と、これら各部

の作動を制御する制御装置20とを備えている。

【0039】

前記基台3上には、シリコン基板SがOリング4などのシール部材を介して載置される。基台3はその基部3aがエッチング室2a外に導出されるように設けられており、その中心部には、基台3とシリコン基板Sとの間に形成された空間5aに通じる連通路5が設けられ、この連通路5を通して前記空間5a内にヘリウムガスが充填、封入されている。また、基台3には冷却水循環路6が形成されており、この冷却水循環路6内を循環する冷却水(20℃)により、前記基台3及びヘリウムガスを介して、前記シリコン基板Sが冷却されるようになっている。また、この基台3には前記高周波電源18によって13.56MHzの高周波電力が印加されており、基台3及び基台3上に載置されたシリコン基板Sにバイアス電位を生じるようになっている。

【0040】

前記ガス供給部7は、前記エッチングチャンバ2の上端部に接続されたガス供給管8と、このガス供給管8にそれぞれマスフローコントローラ11、12を介して接続されたガスボンベ9、10とからなり、マスフローコントローラ11、12により流量調整されたガスがガスボンベ9、10からエッチング室2a内に供給されるようになっている。尚、ガスボンベ9内にはエッチング用のSF₆ガスが充填され、ガスボンベ10内には保護膜形成用のC₄F₈ガスが充填されている。

【0041】

前記減圧部13は、前記エッチングチャンバ2の下端部に接続された排気管14と、この排気管14に接続された図示しない真空ポンプとからなり、この真空ポンプ(図示せず)によって前記エッチング室2a内が所定の低圧(例えば1.33Pa)に減圧されるようになっている。

【0042】

前記プラズマ生成部15は、前記エッチングチャンバ2の前記基台3より高い位置の外周に沿って配設されたコイル16と、このコイル16に13.56MHzの高周波電力を印加する高周波電源17とからなり、コイル16に高周波電力

を印加することによりエッチング室 2 a 内の空間に変動磁場が形成され、エッチング室 2 a 内に供給されたガスがこの変動磁場によって誘起される電界によってプラズマ化されるようになっている。

【0043】

また、前記制御装置 20 は、前記マスフローコントローラ 11, 12 を制御し、ガスボンベ 9, 10 からエッチング室 2 a 内に供給されるガス流量を調整するガス流量制御手段 21 と、前記コイル 16 に印加される高周波電力を制御するコイル電力制御手段 22 と、前記基台 3 に印加される高周波電力を制御する基台電力制御手段 23 とからなる。

【0044】

次に、以上の構成を備えたエッチング装置 1 によりシリコン基板 S をエッチングするその態様について説明する。

【0045】

まず、フォトリソグラフィなどを用いて所望形状のエッチングマスク（例えばレジスト膜や SiO_2 膜など）をシリコン基板 S 上に形成した後、このシリコン基板 S をエッチングチャンバ 2 内に搬入し、Oリング 4 を介して基台 3 上に載置する。この後、連通路 5 から空間 5 a 内にヘリウムガスを充填、封入する。なお、冷却水循環路 6 内の冷却水は絶えず循環されている。

【0046】

ついで、ガスボンベ 9 及び 10 から SF_6 ガス及び C_4F_8 ガスをそれぞれエッチング室 2 a 内に供給するとともに、コイル 16 に高周波電力を印加し、基台 3 に高周波電力を印加する。

【0047】

エッチング室 2 a 内に供給される SF_6 ガスの流量は、図 2 (a) に示すように、 V_{e2} から V_{e1} の範囲で矩形波状に変化し、また、 C_4F_8 ガスの流量は、図 2 (b) に示すように、 V_{d2} から V_{d1} の範囲で矩形波状に変化し、且つ SF_6 ガスの位相と C_4F_8 ガスの位相とが相互に逆になるようにそれぞれガス流量制御手段 21 によって制御される。

【0048】

また、コイル 16 に印加される高周波電力は、図 2 (c) に示すように、 W_{c2} から W_{c1} の範囲で矩形波状に変化し、基台 3 に印加される高周波電力は、図 2 (d) に示すように、 W_{p2} から W_{p1} の範囲で矩形波状に変化し、且つコイル 16 に印加される高周波電力の位相と基台 3 に印加される高周波電力の位相とが同位相となるようにそれぞれコイル電力制御手段 22、基台電力制御手段 23 によって制御される。

【0049】

エッチング室 2a 内に供給された SF_6 ガス及び C_4F_8 ガスは、コイル 16 によって生じた変動磁界内で、イオン、電子、F ラジカルなどを含むプラズマとなり、プラズマはこの変動磁界の作用によって高密度に維持される。プラズマ中に存在する F ラジカルは Si と化学的に反応して、シリコン基板 S から Si を持ち去る、即ちシリコン基板 S をエッチングする働きをし、イオンは基台 3 及びシリコン基板 S に生じた自己バイアス電位により基台 3 及びシリコン基板 S に向けて加速され、シリコン基板 S に衝突してこれをエッチングする。斯くして、これら F ラジカル及びイオンによってマスク開口部のシリコン基板 S 表面（エッチンググランド）がエッチングされ、所定幅及び深さの溝等が形成される。

【0050】

一方、 C_4F_8 ガスはプラズマ化されることにより重合物となって溝等の壁面及び底面（エッチンググランド）に堆積してフロロカーボン膜を形成する働きをする。このフロロカーボン膜は F ラジカルと反応せず、F ラジカルに対する保護膜として作用し、この保護膜によってサイドエッチングやアンダーカットが防止される。

【0051】

このように、 SF_6 ガス及び C_4F_8 ガスを同時にエッチング室 2a 内に供給して得られるプラズマの存在下では、F ラジカル及びイオン照射によるエッチングと、重合による保護膜の形成という相反する作用が同時に溝等の壁面及び底面上で進行する。詳細には、イオン照射の多い底面では、重合物の堆積よりもイオン照射による重合物の剥離の方がより強く作用して、F ラジカル及びイオンによるエッチングが進行し易く、一方イオン照射の少ない壁面では、イオン照射によ

る重合物の剥離よりも重合物の堆積の方がより強く作用して、保護膜の形成が進行し易い。

【0052】

以上のことを考慮して本実施形態においては、 SF_6 ガス及び C_4F_8 ガスの流量、並びにコイル 16 に印加される高周波電力及び基台 3 に印加される高周波電力を、上述した如く図 2 に示すようにそれぞれ制御している。

【0053】

具体的には、図 2 において e で示す時間帯については、 SF_6 ガスの供給量を V_{e1} と多くし、 C_4F_8 ガスの供給量を V_{d2} と少なくするとともに、コイル 16 に印加される高周波電力を W_{c1} と高くし、基台 3 に印加される高周波電力を W_{p1} と高くしている。 SF_6 ガスの供給量を多くし、 C_4F_8 ガスの供給量を少なくし、コイル 16 に印加される高周波電力を高くすることにより、エッチングに必要な F ラジカルやイオンを適量生成することができる一方、重合物の生成をサイドエッチングやアンダーカットを防止することができる最低限の量に押さえることができる。また、基台 3 に印加される高周波電力を高くすることにより、イオン照射速度を高め、エッチング速度を高めることができる。

【0054】

以上により、イオン照射の多いエッチンググラウンド（底面）については、重合物の堆積よりもイオン照射による重合物の剥離の方がかなり強く作用して、F ラジカルやイオンによるエッチングが進行する一方、イオン照射の少ない壁面では、イオン照射による重合物の剥離よりも重合物の堆積の方がより強く作用して、保護膜の形成が進行し、エッチングによって順次形成される壁面がこの保護膜によって直ちに被覆される。

【0055】

一方、図 2 において d で示す時間帯については、 SF_6 ガスの供給量を V_{e2} と少なくし、 C_4F_8 ガスの供給量を V_{d1} と多くするとともに、コイル 16 に印加される高周波電力を W_{c2} と低くし、基台 3 に印加される高周波電力を W_{p2} と低くしている。 SF_6 ガスの供給量を少なくし、 C_4F_8 ガスの供給量を多くすることにより、保護膜形成に必要な重合物をより多く生成することができる

一方、Fラジカルやイオンの生成を、エッチンググランドに堆積される重合物を剥離するのに必要な最低限の量に押さえることができる。また、基台3に印加される高周波電力を低くすることにより、エッチンググランドに堆積される重合物を剥離するのに必要な程度にイオン照射速度を遅くすることができ、壁面に堆積される保護膜がイオン照射によって剥離されるのを防止することができる。

【0056】

以上により、エッチンググランド（底面）については、堆積される重合物をイオン照射によって剥離する程度にエッチングが抑制される一方、イオン照射の少ない壁面では、より多くの重合物が堆積して、強固な保護膜が形成される。

【0057】

斯くして、以上のe工程及びd工程を順次繰り返して実施することにより、主としてエッチングの進行する工程と、主として保護膜形成の進行する工程とが交替的に繰り返され、エッチングによって順次形成される壁面が保護膜によって直ちに被覆されるとともに、引き続いて実行される工程において、保護膜が更に強固に形成されるので、上述したサイドエッチングやアンダーカットを確実に防止することができ、これにより、内壁面が垂直であり且つその凹凸が200nm以下であるトレンチを、効率よくシリコン基板S上に形成することができる。

【0058】

このような作用を奏するための前記SF₆ガスの流量V_{e1}は60～300ml/minの範囲であるのが好ましく、流量V_{e2}は0～80ml/minの範囲であるのが好ましい。尚、流量V_{e2}の範囲に0ml/minを含めているのは、C₄F₈ガスをプラズマ化した際にもイオンが生成されるため、エッチンググランドに堆積される重合物の除去に必要なイオン量を、このC₄F₈ガスからもたらされるイオンで十分まかなうことができると考えられるからである。また、前記C₄F₈ガスの流量V_{d1}は50～260ml/minの範囲であるのが好ましく、流量V_{d2}は50～150ml/minの範囲であるのが好ましい。

【0059】

また、コイル16に印加される高周波電力W_{c1}は800～3000Wの範囲であるのが好ましく、W_{c2}は600～2500Wの範囲であるのが好ましい。

更に、基台 3 に印加される高周波電力 W_{p1} は 3 ~ 5 0 W の範囲であるのが好ましく、 W_{p2} は 0 ~ 1 5 W の範囲であるのが好ましい。尚、 W_{p2} の範囲に 0 W を含めているのは、 W_{p2} を 0 W にすると前記 d 工程においてエッチンググランドに堆積する重合物を除去することはできないが、続く e 工程におけるイオン照射によりこれを除去することができるからである。但し、エッチンググランドに堆積する重合物を e 工程において除去する必要があることから、全体としての加工時間が長くなるという欠点がある。

【0 0 6 0】

また、前記 e 工程の実施時間は 3 ~ 4 5 秒の範囲が好ましく、前記 d 工程の実施時間は 3 ~ 3 0 秒の範囲が好ましい。

【0 0 6 1】

このように、本例によれば、シリコン基板 S をエッチングして得られた溝等の壁面の凹凸を 2 0 0 n m 以下にすることができるので、半導体集積回路の高集積化、高密度化を図ることができ、トレンチ・キャパシタとした場合に、その絶縁性が低下するのを防止することができ、また、歯車を形成した場合には、その伝達損失を極力小さいものとすることができる。

【0 0 6 2】

また、本例では主としてエッチングの進行する工程においても保護膜形成用の C_4F_8 ガスをエッチング室 2 a 内に供給しているので、次のような効果が確認された。即ち、エッチングの進行する工程において保護膜形成用ガスを供給しない従来のエッチング法で深溝等を形成すると、マスクの開口幅が狭いほどエッチング速度が低下する、いわゆるマイクロローディング効果を生じることが知られており、マスクの開口幅によってそのエッチング速度が異なる。ところが、本例のようにエッチングの進行する工程中に保護膜形成用ガスを供給すると、マスクの開口幅によらずエッチング速度がほぼ一定になることが判明したのである。本例によると、エッチンググランドにおいて重合物の堆積と除去とが同時に進行するため、エッチング速度が低下するが、これはマスク開口部が広いほど顕著に現れる。このため、結果としてマスク開口幅によらずエッチング度がほぼ一定になるものと思われる。

【0063】

このことは、特にSOI (Silicon on insulator) 基板をエッチングする際に有利に働く。即ち、様々な開口幅を有するエッチングマスクを用いて従来のエッチング法によりSOI基板をエッチングした場合、広い開口幅の部分はエッチング速度が速いため、そのエッチンググランドが他の開口部に比べて速くSiO₂層に達する。他の開口部のエッチングが完了していないためこれを継続すると、FラジカルがSiO₂層と反応し難いため、言い換えればSiO₂層のエッチング速度がSiのエッチング速度に比べて格段に低いため、Fラジカルは保護膜を突き破り、SiとSiO₂層との界面付近のSiを侵食するいわゆるノッチング現象を生じて加工精度が悪化するのである。本例によれば、マスクの開口幅によらずエッチング速度をほぼ一定にすることができるので、このようなノッチング現象が生じて加工精度が悪化するのを防止することができる。

【0064】

また、SF₆ガスとC₄F₈ガスとを別々にエッチング室2a内に供給すると、コイル16への供給電力が一定であっても、発生するプラズマのインピーダンスが各ガス及びその流量によって異なるため、インピーダンスの調整に長時間を要し、その結果、安定的に電力を供給することが困難になる。本例によれば、SF₆ガスとC₄F₈ガスとを同時にエッチング室2a内に供給しているので、印加の際に供給電力の低下を招くインピーダンスの調整を容易に行うことができ、安定して電力を供給することができる。

【0065】

【実施例】

シリコン基板に開口が5 μ m \times 300 μ mのマスク (SiO₂) を形成した後、以下の条件で当該シリコン基板エッチングした。

【0066】

1. 比較例

①エッチング室2a内の圧力を3.99Paとし、②エッチングガスとしてSF₆ガス、保護膜形成ガスとしてC₄F₈ガスをそれぞれ用い、③SF₆ガスの

流量 V_{e1} を 260 ml/min 、 V_{e2} を 0 ml/min とし、④ C_4F_8 ガスの流量 V_{d1} を 150 ml/min 、 V_{d2} を 0 ml/min とし、⑤上記コイル16に印加される高周波電力 W_{c1} を 2500 W 、 W_{c2} を 1000 W とし、⑥上記基台3に印加される高周波電力 W_{p1} を 20 W 、 W_{p2} を 0 W として、これらを、図2に示すように制御した。

【0067】

2. 実施例

①エッチング室2a内の圧力を 3.99 Pa とし、②エッチングガスとして SF_6 ガス、保護膜形成ガスとして C_4F_8 ガスをそれぞれ用い、③ SF_6 ガスの流量 V_{e1} を 260 ml/min 、 V_{e2} を 7 ml/min とし、④ C_4F_8 ガスの流量 V_{d1} を 150 ml/min 、 V_{d2} を 13 ml/min とし、⑤上記コイル16に印加される高周波電力 W_{c1} を 2500 W 、 W_{c2} を 1000 W とし、⑥上記基台3に印加される高周波電力 W_{p1} を 20 W 、 W_{p2} を 0 W として、これらを、図2に示すように制御した。

【0068】

上記実施例及び比較例におけるエッチングレート及びマスク選択比、並びにエッチングによりシリコン基板に形成された穴の寸法特性を下表表1に示す。尚、エッチングレートは1分間当たりのエッチング深さで表され、これが大きいほど好ましい。また、マスク選択比は、シリコン(Si)がエッチングされる深さとマスク(SiO_2)がエッチングされる深さとの比、即ち、マスク選択比= Si エッチング深さ/ SiO_2 エッチング深さ、で表わされ、これが大きいほど好ましい。更に、凹凸 ρ (nm)は、図3に示すように、穴側壁に形成された凹凸の深さで表され、これが小さい方が好ましく、穴側壁角度 θ ($^\circ$)は、水平面(シリコン基板の底面に相当)に対する角度で表され、これが 90° に近い方が好ましい。尚、図中、符号Sはシリコン基板、符号21はマスク、符号22は穴壁面である。

【0069】

【表 1】

	実施例	比較例
エッチングレート ($\mu\text{m}/\text{min}$)	3.7	3.4
マスク選択比	140	104
うねり ρ (nm)	160	250
穴側壁角度 ($^{\circ}$)	90.2	90.5

【0070】

上記表 1 に示すように、エッチングを行う全工程において SF_6 ガス（エッチングガス）と C_4F_8 ガス（保護膜形成ガス）の双方をエッチングチャンバ 2 内に供給し、且つその供給量を相互に逆位相となるように周期的に変化させた実施例は、 SF_6 ガス（エッチングガス）と C_4F_8 ガス（保護膜形成ガス）とを交互にエッチングチャンバ 2 内に供給するようにした比較例に比べて、エッチングレート、マスク選択比、凹凸 ρ 及び穴側壁角度 θ のいずれの項目についても優っている。

【0071】

以上、本発明の最適と思われる一実施形態について説明したが、本発明の具体的な態様がこれに限られるものでないことは言うまでもないことである。

【0072】

上述したように、 SF_6 ガス及び C_4F_8 ガスの流量、コイル 16 に印加される高周波電力、基台 3 に印加される高周波電力といった各エッチング条件をそれぞれ上記範囲で変化させることにより、主としてエッチングの進行する工程と、主として保護膜形成の進行する工程とを交差的に繰り返して実行することができ、凹凸が 200 nm 以下となった垂直な壁面の溝等をシリコン基板 S 上に形成することができる。したがって、変化させる上記各エッチング条件を適宜組み合わせることで実施することによっても本発明の目的を達成することができる。

【0073】

即ち、コイル 16 の印加電力及び基台 3 の印加電力を一定にして、 SF_6 ガス

及びC₄F₈ガスの流量を上記範囲で変化させるようにしても良く、或いはコイル16の印加電力のみを一定にして、基台3の印加電力並びにSF₆ガス及びC₄F₈ガスの流量を上記範囲で変化させるようにしても良く、或いは逆に基台3の印加電力を一定にして、コイル16の印加電力並びにSF₆ガス及びC₄F₈ガスの流量を上記範囲で変化させるようにしても良い。

【0074】

また、SF₆ガス及びC₄F₈ガスの流量並びにコイル16の印加電力を一定にして、基台3の印加電力を上記範囲で変化させるようにしても良く、或いはSF₆ガス及びC₄F₈ガスの流量のみを一定にして、コイル16の印加電力及び基台3の印加電力を上記範囲で変化させるようにしても良い。

【0075】

また、本例では、エッチング工程をe工程から開始してe工程とd工程とを順次繰り返し実施するようにしたが、これに限るものではなく、d工程から開始してd工程とe工程とを順次繰り返し実施するようにしても良い。このようにすれば、得られる溝側面の凹凸を更に小さくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本実施形態に係るエッチング装置の概略構成を一部ブロック図で示す断面図である。

【図2】

SF₆ガス及びC₄F₈ガスの流量、並びにコイル及び基台に印加される高周波電力の制御状態を示すタイミングチャートである。

【図3】

実施例の評価方法を説明するための説明図である。

【図4】

従来のエッチング法によりシリコン基板に形成した深溝を示す断面図である。

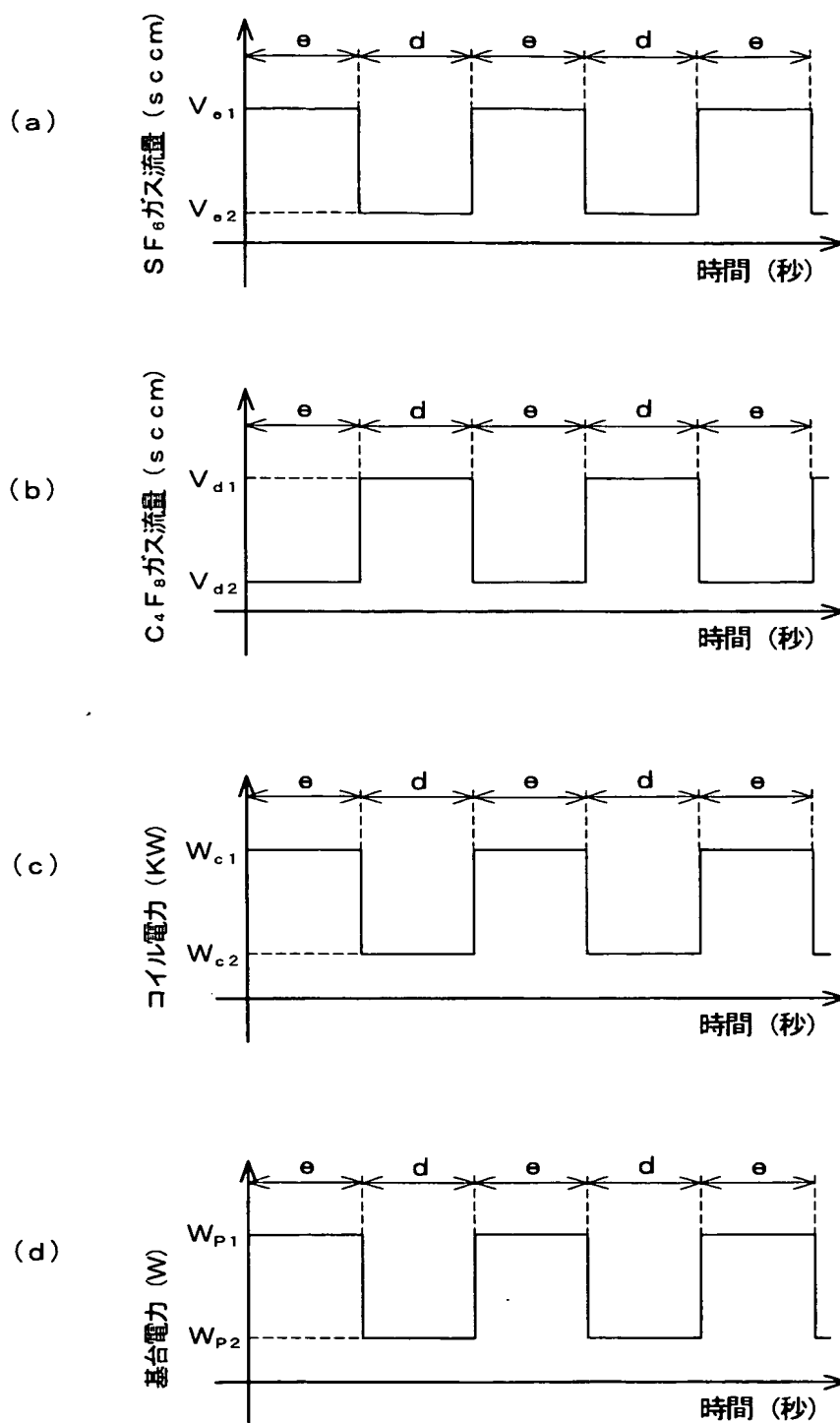
【図5】

従来のエッチング法により形成した深溝を用いて形成したトレンチ・キャパシタを示す断面図である。

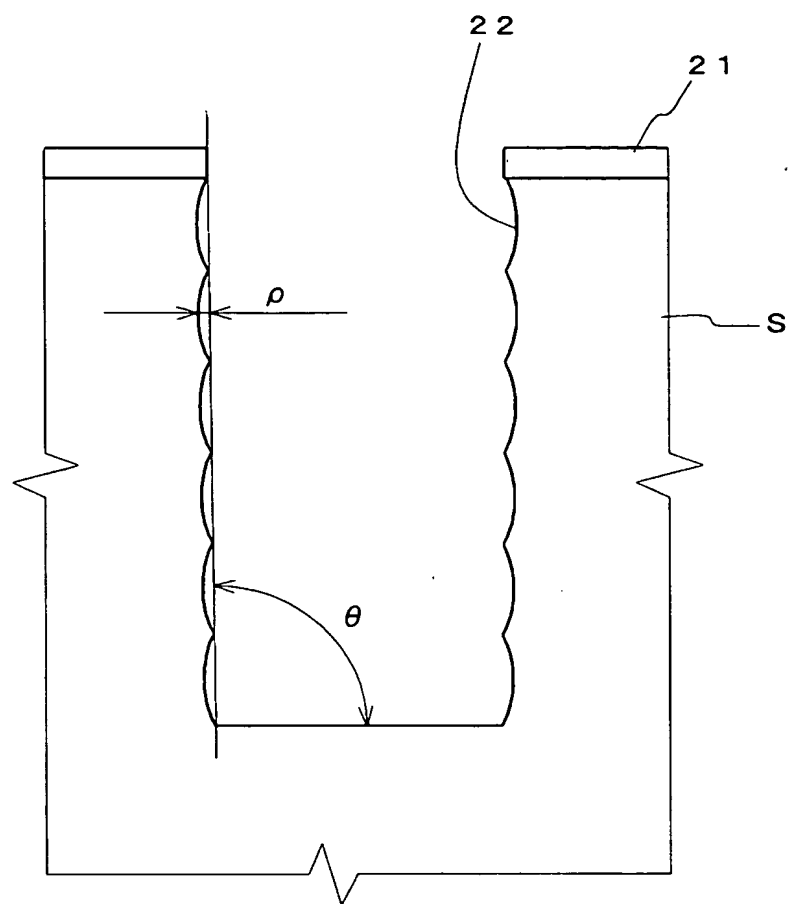
【符号の説明】

- S シリコン基板
- 1 エッチング装置
- 2 エッチングチャンバ
- 2 a エッチング室
- 3 基台
- 7 ガス供給部
- 8 ガス供給管
- 9, 10 ガスボンベ
- 11, 12 マスフローコントローラ
- 13 減圧部
- 14 排気管
- 15 プラズマ生成部
- 16 コイル
- 17, 18 高周波電源
- 20 制御装置
- 21 ガス流量制御手段
- 22 コイル電力制御手段
- 23 基台電力制御手段

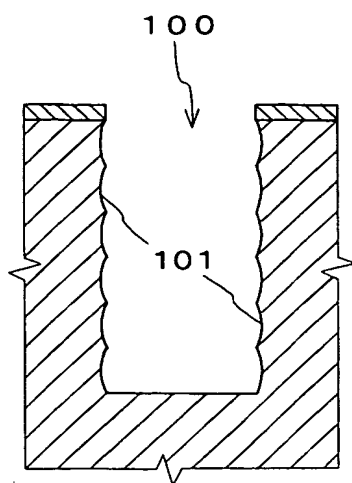
【図 2】



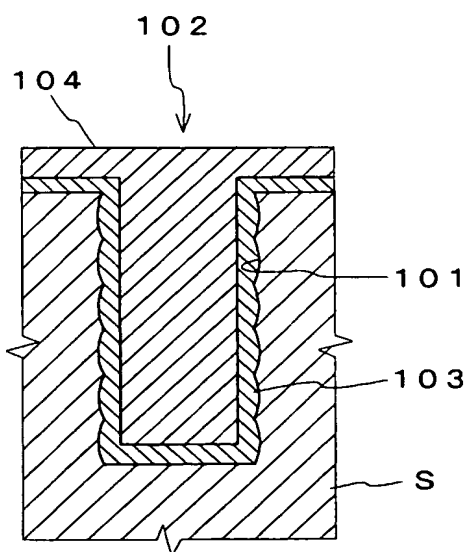
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 エッチングにより形成される構造面の凹凸を一定値以下に押えたシリコン成形体、並びにシリコン成形体の製造方法及び製造装置を提供する。

【解決手段】 シリコン基板表面にエッチングマスクを形成するマスク形成工程と、高周波電力によりプラズマ化したエッチングガスを用いてエッチングマスクの開口部からシリコン基板表面をドライエッチングして所定の構造面を形成するエッチング工程とを順次実施する。エッチング工程を、エッチングガスおよび保護膜形成ガスを用い、主としてエッチンググランドにおけるドライエッチングを進行させる工程と、保護膜形成ガスを用い、ドライエッチングにより形成された構造面に保護膜を形成する工程と、エッチンググランドに形成された保護膜を除去する工程とを順次繰り返す。

【選択図】 なし

特願 2 0 0 1 - 2 9 9 4 3 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 1 8 3 3 6 9]

1. 変更年月日	1 9 9 1 年 1 月 1 7 日
[変更理由]	住所変更
住 所	兵庫県尼崎市扶桑町 1 番 1 0 号
氏 名	住友精密工業株式会社